

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-19079

(43)公開日 平成5年(1993)1月26日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 2 1 C 3/324				
21/00		L 7156-2G		
		7156-2G	G 2 1 C 3/ 30	G D B H

審査請求 未請求 請求項の数15(全 11 頁)

(21)出願番号	特願平3-173595	(71)出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22)出願日	平成3年(1991)7月15日	(72)発明者	山元 信和 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内
		(72)発明者	松本 宏一 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内
		(72)発明者	中島 潤二郎 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内
		(74)代理人	弁理士 高田 幸彦

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 燃料チャンネルボックスの製造方法及び燃料チャンネルボックス

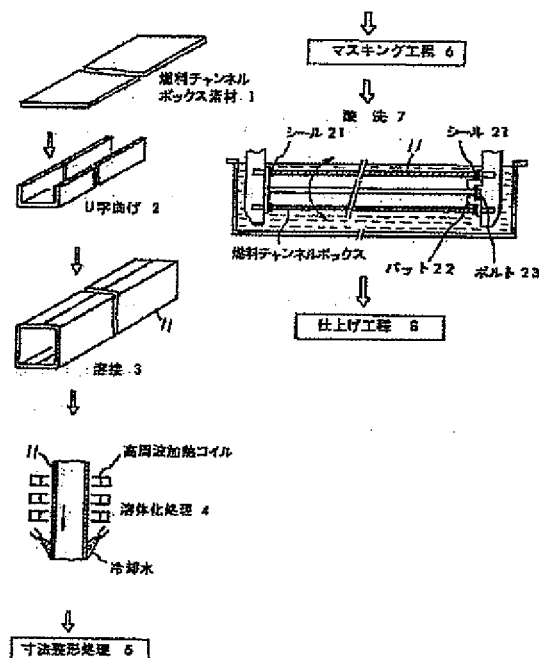
## (57)【要約】

【目的】熱処理が一樣に施されて耐食性が高く、原子炉内での使用時において最大変位量を抑制できる燃料チャンネルボックスを製造する。

【構成】燃料チャンネルボックス素材1をU字曲げ工程2においてプレスにてU字状に曲げる。曲げられた2つの燃料チャンネルボックス素材1を溶接にて接合し角筒管を作成する。角筒管のコーナ部をマスキングして酸洗処理を行なう。この酸洗処理によって、コーナ部が厚肉の燃料チャンネルボックスが得られる。

【効果】熱処理が一樣に施されて耐食性が高く、原子炉内での使用時において最大変位量を抑制できる燃料チャンネルボックスが得られる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】ジルコニウム基合金板材に曲げ加工を施し、その後、接合によりジルコニウム基合金の筒状体を形成する燃料チャンネルボックスの製造方法において、前記筒状体に対して $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を施し、その後、前記筒状体の一部に応力のかからない減肉処理を施して断面の肉厚が異なる筒状体を形成することを特徴とした燃料チャンネルボックスの製造方法。

【請求項2】前記減肉処理が酸洗処理である請求項1の燃料チャンネルボックスの製造方法。

【請求項3】前記酸洗処理が、前記熱処理を施した筒状体の表面を、酸に侵されにくい物質で被った後に行われる請求項2のチャンネルボックスの製造方法。

【請求項4】前記熱処理により前記筒状体の表面に生成された酸化膜を、前記筒状体の薄肉部になる部分で除去した後、前記酸洗処理を施す請求項2または3の燃料チャンネルボックスの製造方法。

【請求項5】請求項1から請求項4のいずれか1つに記載された方法にて製造された燃料チャンネルボックス。

【請求項6】ジルコニウム基合金板材に曲げ加工を施し、その後、接合によりジルコニウム基合金の筒状体を形成する燃料チャンネルボックスの製造方法において、ジルコニウム基合金板材に対して $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を施し、この熱処理を施したジルコニウム基合金板材を用いて前記筒状体を形成し、その後、この筒状体の一部に応力のかからない減肉処理を施して断面の肉厚が異なる筒状体を形成することを特徴とした燃料チャンネルボックスの製造方法。

【請求項7】前記減肉処理が酸洗処理である請求項6の燃料チャンネルボックスの製造方法。

【請求項8】前記酸洗処理が、前記熱処理を施した筒状体の表面を、酸に侵されにくい物質で被った後に行われる請求項7のチャンネルボックスの製造方法。

【請求項9】前記熱処理により前記ジルコニウム基合金板材の表面に生成された酸化膜を、前記筒状体の薄肉部になる部分で除去した後、前記酸洗処理を施す請求項7または8の燃料チャンネルボックスの製造方法。

【請求項10】請求項6から請求項9のいずれか1つに記載された方法にて製造された燃料チャンネルボックス。

【請求項11】ジルコニウム基合金板材に曲げ加工を施し、その後、接合によりジルコニウム基合金の筒状体を形成する燃料チャンネルボックスの製造方法において、ジルコニウム基合金板材に対して $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を施し、この熱処理を施したジルコニウム基合金板材の一部に応力のかからない減肉処理を施して断面の肉厚が異なるジルコニウム基合金板材を形成し、前記断面の肉厚が異なるジルコニウム基合金板材を用いて、前記筒状体を形成することを特徴とし

た燃料チャンネルボックスの製造方法。

【請求項12】前記減肉処理が酸洗処理である請求項1の燃料チャンネルボックスの製造方法。

【請求項13】前記酸洗処理が、前記熱処理を施したジルコニウム基合金板材の表面を、酸に侵されにくい物質で被った後に行われる請求項12のチャンネルボックスの製造方法。

【請求項14】前記熱処理により前記ジルコニウム基合金板材の表面に生成された酸化膜を、前記筒状体の薄肉部になる部分で除去した後、前記酸洗処理を施す請求項12または13の燃料チャンネルボックスの製造方法。

【請求項15】請求項11から請求項14のいずれか1つに記載された方法にて製造された燃料チャンネルボックス。

## 【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】本発明は、燃料チャンネルボックスの製造方法及び燃料チャンネルボックスに係り、特に沸騰水型原子炉で適用される燃料集合体に用いられるコーナ厚肉の燃料チャンネルボックスの製造方法及び燃料チャンネルボックスに関するものである。

【従来技術】従来の横断面均一肉厚の燃料チャンネルボックスの形状を図2及び図3に示す。このチャンネルボックスは、沸騰水型原子炉に装荷される燃料集合体に用いられるものである。この従来例の燃料チャンネルボックスの角筒管本体11は、2枚のジルコニウム基合金板材を突合せ溶接により角筒管としたもので、4隅のコーナ部及び及びこれらのコーナ部を結ぶ側壁部はともに均一な厚みを有する。角筒管本体11の上端部の対角線方向にある二箇所のコーナ部には、燃料チャンネルボックス内部に収納する燃料バンドルの上部タイプレート（ポスト）に角筒管本体11を取付けるためのクリップ（孔付き）12及び孔なしクリップ13がそれぞれ溶接にて取付けられる。また、原子炉の炉心内において制御棒と対峙する2つの側面（角筒管本体11の側面）の上部には、炉心内で隣接する燃料集合体の燃料チャンネルボックスとの間の間隙を保つチャンネルスペーサ14が溶接により取付けられている。この燃料チャンネルボックスの製造方法を図4に示す。この製造方法は、燃料チャンネルボックス素材（ジルコニウム基合金板材）1をプレスによりU字状に曲げ（U字曲げ工程2）、U字状に曲げられた2つの燃料チャンネルボックス素材1を互いに突き合わせて溶接工程3により筒状体にした後、高耐食性を得るためにこの筒状体に対して溶体化処理（焼入れ処理）4を行い、次に燃料チャンネルボックスの寸法精度を出すための寸法整形処理5を行うものである。寸法整形処理5を行った筒状体に対して、仕上げ工程8が実施される。仕上げ工程8では、筒状体である角筒管本体11に、クリップ12及び13、及びチャンネルスペーサ14が溶接により取付けられる。前述した燃料チャンネルボックスよりも外側への変形を小さくできる燃料チ

チャンネルボックスの一例が、特公平1-13075号公報に記載されている。この燃料チャンネルボックスは、図6及び図7に示すコーナ部厚肉の燃料チャンネルボックスである。コーナ部厚肉の燃料チャンネルボックスの角筒管本体15は、4隅のコーナ部の肉厚が厚く、コーナ部を結ぶ側壁部の中央部が薄肉の形状をしている。角筒管本体15の上端部には角筒管本体11と同様にクリップ12及び13、及びチャンネルスペーサ14が溶接により取り付けられる。この様なコーナ部厚肉の燃料チャンネルボックスの製造方法は、例えば、特開平1-227991号公報あるいは特開昭63-253290号公報に開示されている。特開平1-227991号公報に開示されている方法は、均一肉厚の平板を凸凹形状を付した圧延ローラにより圧延して長尺凸凹板を製作し、引続き凸部がコーナ部となるようにU字型曲げ加工を施し、この2枚の長尺U字型部材を溶接して筒状の燃料チャンネルボックスを製造するものである。特開昭63-253290号公報では、標準の製造技術によって製造するチャンネルボックスが開示されている。すなわち、側壁を加工して所望の波形部を形成するかまたは側壁に機械加工を施して溝を形成し、角部壁は所望角度（正方形断面のチャンネルの場合、90度）に曲げる。その後、角壁と側壁を縦方向溶接によって接合しそして従来技術により加工して一体のチャンネルにするというものである。

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術では、燃料チャンネルボックスの断面の凸凹形状を、ジルコニウム基合金板材の圧延時に形成する方法と、溶接時に形成する方法とが開示されているが、凸凹形状を有するジルコニウム基合金（ジルカロイ）板材の圧延は、困難である。長手方向（圧延方向）に肉厚分布を持たせた形状のジルコニウム基合金板材を圧延で製作することは、更に困難である。一方、断面に凸凹形状を有する燃料チャンネルボックスを溶接で製造する場合には、筒状の形状とするために4枚ずつの厚肉部板材と薄肉部板材とを準備し厚肉部板材と薄肉部板材とを8箇所溶接する必要があり、これは、角筒管本体11が2箇所溶接ですむのに比べて溶接作業が大幅に増加すると共に品質管理の煩雑化を招くことが予想される。本発明の発明者等は、上記のように横断面に厚肉部及び薄肉部を有する角筒管本体またはジルコニウム基合金板材に溶体化処理を施した場合に下記の新たな問題が生じることを発見した。すなわち、角筒管本体11を用いた燃料チャンネルボックスは、溶体化処理による高耐食化が容易に可能であった。しかし、コーナ厚肉の角筒管本体15を用いた燃料チャンネルボックスは、角筒管本体15の段階で、周方向に均一に溶体化処理を施すことは困難であり、溶体化処理による高耐食化を図ることができない。これは、角筒管本体15の横断面において厚肉部及び薄肉部が形成されていることによる。また、角筒管本体15が長手方向にも肉厚が変化している場合には、均一な溶体化処理を施

すことは更に困難である。なお、特開平1-227991号公報及び特開昭63-253290号公報のいずれにおいても、チャンネルボックスの高耐食化を図る熱処理の適用方法を全く開示していない。本発明の目的は、熱処理が一樣に施されて耐食性が高く、原子炉内での使用時に最大変位量を抑制できる燃料チャンネルボックスの製造方法及び燃料チャンネルボックスを提供することにある。

【課題を解決するための手段】上記の目的は、ジルコニウム基合金の筒状体に対して $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を施し、その後、その筒状体の一部に応力のかからない減肉処理を施して断面の肉厚が異なる筒状体を形成することによって達成できる。

【作用】減肉処理の前に $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を施しているため、ジルコニウム基合金材に対して熱処理を一樣に施すことができ、筒状体の一部に応力のかからない減肉処理を施しているため、減肉処理による筒状体の変形がなくその後の製造工程が簡単になる。更に、筒状体の外側側面に凹部が形成されるので、本発明にて得られたチャンネルボックスは原子炉内での使用時に最大変位量を抑制できる。

【実施例】以下、本発明の実施例を以下に説明する。

（実施例1）本発明の一実施例を図1を用いて説明する。図1による説明に入る前に、本実施例で用いられるジルコニウム基合金の板材の製造について説明する。ジルコニウム基合金が溶解されその合金のインゴットが作られる。熱間鍛造がインゴットに加えられ、約20mmの厚みのスラブが形成される。このスラブに溶体化処理が施される。溶体化処理は、スラブを $\beta$ 相を含む温度領域に加熱してこの温度領域から急冷する熱処理である。その後、この熱処理材に対して熱間圧延、冷間圧延及び焼鈍を実施する。以上の工程を経て、燃料チャンネルボックス素材1となるジルコニウム基合金の板材が得られる。燃料チャンネルボックス素材1をプレスにてU字状に曲げる（U字曲げ工程2）。U字状に曲げられた2つの燃料チャンネルボックス素材1をそれぞれ開先加工し突き合わせ、溶接工程3により筒状体である角筒管本体11を作る。この角筒管本体11は、図3に示すような様な肉厚を有する。ジルコニウム基合金で作られた角筒管本体11に対して、燃料チャンネルボックスとして原子炉内に装荷された状態での高耐食性を得るために溶体化処理4を行う。ここで、溶体化処理4は、角筒管本体11において耐食性の良い $\beta$ 相を得るため、角筒管本体11を約900℃以上の温度（角筒管本体11が $\beta$ 相を含む温度領域）に加熱し、その後、水冷等により急冷するものである。この溶体化処理の詳細は、特開昭51-110412号公報に開示されている。一般にいわれている焼入れもこの溶体化処理に含まれる。 $\beta$ 相を含む温度領域から急冷する熱処理としては、特公昭61-45699号公報のコラム7、22～26行に示されているように、部分的

に $\beta$ 相に変態する830~960℃の温度領域に加熱して急冷する溶体化処理、完全に $\beta$ 相に変態する960℃を超える温度領域に加熱して急冷する溶体化処理がある。前者は $(\alpha+\beta)$ 焼入れといわれ、後者は $\beta$ 焼入れといわれる。 $(\alpha+\beta)$ 焼入れは角筒管本体11内に $(\alpha+\beta)$ 相を形成し、 $\beta$ 焼入れは角筒管本体11内に $\beta$ 相を形成する。溶体化処理4により $(\alpha+\beta)$ 相又は $\beta$ 相を有する高耐食性の組織が、角筒管本体11の側壁内に形成される。 $(\alpha+\beta)$ 焼入れで得られた組織は $\beta$ 焼入れで得られる組織に比べて延性が大きい。しかし、後者の組織は、前者のそれに比べて強度が大きい。従来例のように、燃料チャンネルボックス素材1の状態で減肉加工を施すと、角筒管を製作したときにはすでに側壁断面の肉厚が不均一になっている。不均一な肉厚での溶体化処理4の実施は、均一な加熱及び冷却が困難であり、良好な組織が得られないばかりでなく、変形などの要因となり、実際の製法としては実現は難しい。しかし、本実施例のような均一な肉厚での角筒管本体11での溶体化処理4は、従来例の1つとして述べた均一肉厚チャンネルボックスと同様に、角筒管本体11の均一な加熱及び冷却が可能である。このため、角筒管本体11に良好な $(\alpha+\beta)$ 相又は $\beta$ 相を有する高耐食性の組織を得ることができる。次に、寸法整形熱処理5を行う。この工程は、特開昭57-131354号公報に示されているように、角筒管本体11を所定寸法に拡張整形すると同時に残留応力除去の焼鈍を行う。寸法整形熱処理5の対象となる角筒管本体11は溶体化処理4の工程を経験している。寸法整形熱処理5の実施は、特開昭57-131354号公報に示されている効果を生じる。本実施例は、寸法整形熱処理5を終えた角筒管本体11に対して、その平坦部の一部に減肉加工を行う。この状態で平坦部の減肉加工を行なう場合、角筒管本体11の表面に荷重のかからない方法、すなわち角筒管本体11に応力が発生しない方法で行なわなければならない。角筒管本体11の表面に荷重のかかる方法で角筒管本体11の平坦部の減肉加工を行なうと、加工する側壁の変形等により、所定の寸法精度を得ることができない。荷重のかからない方法としては、酸洗や放電研磨、放電加工等が考えられる。万一、荷重のかかる方法を選択する場合、例えばフライスでの切削を行うような場合には、内部に治具を入れるなどの方法によりチャンネルボックスに剛性を持たせなければならない。しかし、手間がかかる上に例え治具を用いたとしても、全長4mにも及ぶ角筒管本体11に相当な剛性を持たせるのは難しく、従って機械加工による減肉加工は十分な精度が得られない。ここでは、角筒管本体11の一部に行なわれる荷重のかからない減肉処理の代表的な方法として、酸洗による減肉処理を行う方法について説明する。酸洗による減肉処理を行う前に、マスキング工程6が必要である。マスキング工程6では、酸洗による減肉を行わない部分を保護するために角筒管本

体11の保護する部分の表面にマスキングが施される。溶体化処理4を受けた角筒管本体11の表面には、酸化被膜が形成されている。酸化被膜は、酸性液に対しても優れた特性を示すので、酸洗による減肉を行わない部分の酸化被膜をそのまま残してマスキング材として使用することができる。勿論、マスキング材として有効な耐酸テープを用いたり、両方を併用してもよい。マスキング材24として、耐酸テープを貼付した状態の角筒管本体11の横断面を図5に示す。当然のことながら、溶体化処理4によって角筒管本体11の表面に形成された酸化被膜のうち酸洗による減肉を行なう部分の酸化被膜は除去される。また、角筒管本体11の内面をマスキングするためには、内面に酸洗液が入り込まないように角筒管本体11の両端部をシールし酸洗液の侵入防止を行う必要がある。このシールは、酸洗工程7に示すように、角筒管本体11の両端部をパット22で密封することによって行なわれる。各パット22と角筒管本体11の端部との間には、シール21が挟まれる。2つのパット22は、角筒管本体11内を貫通するボルト23により締め付けられ、角筒管本体11に取り付けられる。以上のように内面及び外面がマスキングされた角筒管本体11が、ハンドルにてパット22を保持した状態で容器内に充填された酸洗液中に挿入され、酸洗工程7が実行される。酸洗液としては、希硝酸(HF約2%、 $\text{HNO}_3$ 約30%)の水溶液を用いる。酸洗時間は、酸洗前に行うジルコニウム基合金の角筒管本体11の肉厚分布測定結果と酸洗液濃度から決定する。この酸洗によって、角筒管本体11のマスキングが施されていない部分、すなわち角筒管本体11の外表面のコーナ部を除いた部分から減肉が行なわれる。酸洗工程7終了すると、酸洗前の角筒管本体11は、図7に示すように、マスキングが施されたコーナ部を除いた部分が減肉された角筒管本体15になる。すなわち、コーナ部が厚肉で平坦部が薄肉の角筒管本体15が、酸洗工程7の実施によって得られる。この後、寸法検査を行い、所定の寸法精度に入っていることを確認する。燃料チャンネルボックスとなる角筒管本体11は、内幅約130mm、長さ約4500mm、板厚数mmの均一肉厚のジルカロイ製の長尺の角筒管である。この角筒管本体11に寸法整形熱処理5を施した後、外表面のコーナ部となる領域にテフロン系テープを貼り付けて希硝酸の水溶液に沈めて肉厚の約50%に及ぶ部分的な酸洗による減肉処理を施したところ、減肉処理に要した時間は約2時間であり、所定の寸法精度が得られた。同程度の減肉処理を切削及び研削処理により行なったところ、酸洗に比べ数十倍の時間を要したにもかかわらず、寸法精度は酸洗に比べて同等以下となっていた。このことから、ジルカロイ製の長尺管に部分的かつ広範囲の減肉処理を施す場合に、酸洗処理が有効である。酸洗後、仕上げ工程8を経てコーナ部厚肉平坦部薄肉型の燃料チャンネルボックスの製作が完了する。仕上げ工程

8において、角筒管本体15にクリップ12及び13及びチャンネルスペーサ14が溶接にて取り付けられ、図6に示す燃料チャンネルボックスが得られる。なお、仕上げ工程8においても燃料チャンネルボックスの表面処理や肉厚の均一化のため、酸洗を実施する可能性がある。しかしこの場合には、燃料チャンネルボックスの内外面に前述したマスキングが施されず、全面にわたって酸洗が行なわれる。本実施例においても、従来例と同様、長手方向溶接部も溶体化処理を施すことができ、高耐食組織からなるチャンネルボックスが得られた。また、従来の均一肉厚燃料チャンネルボックスの製法と同様、高い寸法精度が達成された。以上述べたような酸洗減肉加工方法を採用すれば、チャンネルボックスに外荷重がかからないので残留応力の発生を防ぐことが出来、又、どのような形状のものでも減肉量をパラメータとして所定寸法に加工できるので、精度のよい肉厚に加工することが出来る。さらに、角筒管で減肉加工することは素材の状態に加工する場合に比べ2枚分の加工を行ったことになり、作業性が格段に向上する。本実施例で得られた燃料チャンネルボックスは、特公平1-13075号公報の図5、45行から図6、35行に記載された効果を生じる。本実施例は、異形状に加工する前の均一肉厚状態で焼入れ処理を行い、その後、減肉加工、特に、素材の残留応力を極力低減可能である酸洗処理により異形状に減肉することによって、高耐食性の異形状燃料チャンネルボックスを製造する事が出来る。異形状燃料チャンネルボックスにおいて、溶接箇所が低減でき、また、耐食性を向上させる熱処理を均一に施すことが容易に可能となり、従来の燃料チャンネルボックスの信頼性を低下することなく長期使用対応型の異形状燃料チャンネルボックスを製造することができる。減肉加工としては、機械切削が一般的であるが、厚さが数ミリで長さが4メートルもの長尺品には最適な方法ではなく、変形等により加工寸法の精度確保は難しく加工には長時間を要する。研削により減肉加工することは可能であるが、切削に比べて更に加工時間を必要とすることは明らかである。また、 $\beta$ 相を含む温度領域から急冷された金属組織の材料は、焼鈍材（再結晶組織の材料）に比べて硬度が高く、機械的な加工、特に切削加工に適していない。本実施例の方法は、筒状成型体の段階で酸洗により減肉を施すもので、材料に変形等が生じることがなくなり、高精度の減肉処理が可能となる。すなわち、均一肉厚の筒状成型体で焼き入れ処理、寸法整形処理を施すことができ、その後、応力を加えずに減肉処理を施すので、異形状チャンネルボックスは従来の均一肉厚チャンネルと同等の寸法精度を達成できる。従来、筒状成型体とするための溶接前に減肉処理を施すと、特に長手方向に肉厚が変化する構造の場合、極めて微妙な溶接条件のコントロールが必要となり、安定な溶接が困難となる。更に、溶接部の近傍は、種々の温度領域から冷却さ

れるため、このような不均一な組織が従来製造法に比べて増加するという問題が考えられた。しかし本実施例では、この問題を解消でき溶接ならびに焼入れ処理の信頼性は、いずれも均一肉厚で施すことで確保されている。すなわち、焼入れ処理を均一肉厚で施すので、焼入れ処理時の材料温度を均一にすることが極めて容易である。また、筒状成型体で焼入れ処理を施す場合は、突合せ溶接部にも他の部分と同じ焼入れ処理を同時に施すことができるので、従来の均一肉厚のチャンネルボックスと同等の均質性、信頼性が確保される。本実施例において、熱処理と酸洗による減肉加工との実施手順を特定化することによる作用は次のとおりである。材料表面に形成された酸化被膜は酸洗液に対しても優れた特性を有しているので、減肉処理を施す領域の酸化被膜だけを研削した後で酸洗処理することにより、必要な部分だけの減肉処理が可能となる。この様に酸化被膜を酸洗時のマスキング材として利用することができる。また、マスキング用に残した酸化被膜上に耐酸テープ又はパラフィン等を貼付ることによりマスキング性能の信頼性向上を図ることが可能である。また、本実施例はコーナ厚肉平坦部薄肉型の周方向の肉厚を変化させた高耐食性燃料チャンネルボックスの製造方法について説明したものであるが、同じ方法により、長手方向の肉厚を変化させることもできる。酸洗減肉加工時に上部及び下部にマスキング材を付けておけば、図10に示すような上下端厚肉のコーナ部厚肉平坦部薄肉型チャンネルボックスを製作することが出来る。さらに、酸洗でのマスキングの方法を工夫したり、図10の状態から研削等の方法を用いることにより図11、図12のようなグルーピング部を有する上下端厚肉のコーナ部厚肉平坦部薄肉型チャンネルボックスをも製作することが出来る。図10から図12に示す上下端厚肉のコーナ部厚肉平坦部薄肉燃料チャンネルボックスを製作する場合、素材の状態に減肉加工を施してしまうと、溶接3を行う時点で、溶接される部分の肉厚が厚肉部と薄肉部で異なり、同一の溶接条件で溶接を実施できない。しかし、角筒管の状態に減肉加工を施す本実施例の方法では、溶接3を行う時点ではU字曲げ加工した整形体の肉厚が一様であるので、同一の溶接条件で溶接を実施することが可能である。よって、溶接性能が安定し、溶接部の信頼性が一層向上する。尚、図10及び図11に示す構造を有する燃料チャンネルボックスは、特願平3-143409号に示された構成を有し、これに記載された効果を有する。以上述べたような溶体化処理の後に酸洗減肉加工方法を実施することにより、均一肉厚である角筒管の状態に溶体化処理を施すことができるため、均一な加熱温度分布また均一な冷却温度分布とすることができ、 $\beta$ 相を含む均一な組織を得ることが出来る。このことはとりもなおさず高耐食性チャンネルボックスが得られることに他ならない。

(実施例2) 実施例1において説明したマスキングの方

法について、本実施例においてさらに説明する。溶体化処理4を受けた素材の表面には、酸化被膜が形成されている。酸化被膜は、酸性液に対しても優れた特性を示し、酸性液から素材を守る保護被膜となる。よって、これをそのままマスキング材として使用することができる。この場合、酸化被膜を更に強固なものにするために、酸洗の前にオートクレーブ熱処理等を行っても良い。また酸化被膜の代わりに、マスキング材として有効な耐酸テープやパラフィン等を用いることもできる。もちろん両方を併用すればマスキングが確実にできることは間違いないことである。当然のことながら、酸洗により減肉加工を施したい部分の表面には、マスキング材は使用せず、酸化被膜等がある場合には研磨等によりマスキング材を除去せねばならない。

(実施例3) 本実施例では、酸化被膜をマスキング材として用いる場合について、若干の補足説明を行う。酸洗により部分的に減肉加工を行う場合、減肉加工を施す部分の酸化被膜は除去せねばならないことは実施例2で説明した。このように、筒状成型体表面の酸化被膜を部分的に除去し、後工程に対しての準備工程とすることは全く新しい考え方である。この方法は溶体化処理やオートクレーブ熱処理の際にできる酸化被膜を積極的に活用するという観点からも、非常に有効であるといえる。

(実施例4) 実施例1において、チャンネルボックスに応力のかからない方法として、酸洗をはじめとし放電研磨や放電加工をあげた。さらには電解エッチ等の方法も考えられる。酸洗を用いない場合には、図1におけるマスキング工程6を省くことができる。ただし、加工時にアークを飛ばすような場合には加工面表面の酸化被膜等の不導体を除去する作業が追加される可能性がある。

(実施例5) 本発明を説明した図1において、溶体化処理4を燃料チャンネルボックス素材1の状態で行う場合について説明する。図1においては溶接3の後に溶体化処理4を実施したが、もちろん燃料チャンネルボックス素材1の状態で行うことも可能である。この場合、図1の工程において溶体化処理4がU字曲げ2のまえにくだだけで、他の工程は変わらない。以上述べた工程を採用すれば、均一肉厚板材である素材の状態で行う溶体化処理を施すことができるため、均一な加熱温度分布また均一な冷却温度分布とすることが非常に容易であり、β相を含む均一な組織を得ることが出来る。このことはとりもたず耐食特性の均質性がさらに向上することに他ならない。さらに、U字曲げ加工2等の種々加工の前に溶体化処理を行い材料表面に酸化被膜を形成することにより、加工に伴うテーパーや治具等との接触による材料表面の損傷から素材1を守ることが出来る。しかし一方で、角筒管の状態で行う溶体化処理4を行えば、長手方向溶接部も同時に溶体化処理4を行うことができ、溶接熱影響部の耐食性が向上するのとは比べ、素材1の状態で行う溶体化処理4を行ってしまった場合には、長手方向溶接部の

熱影響部に熱処理を施すことができず、耐食性が不均一になる可能性がある。以上述べたように素材の状態で行った溶体化処理を行った後、酸洗減肉加工方法を施せば、チャンネルボックス薄肉部に残留応力が無く、精度のよい肉厚に加工でき、さらには酸化被膜が酸洗時のマスキング材の代わりになるばかりでなく、損傷から素材を守ることが出来る等数多くのメリットが享受できる。本実施例は図6に示すコーナ厚肉平坦部薄肉型の周方向の肉厚を変化させた高耐食性燃料チャンネルボックスの製造方法について説明したものであるが、同じ方法により、長手方向の肉厚を変化させることもできる。酸洗減肉加工時に上部及び下部にマスキング材を付けておけば、図10のような上下端厚肉のコーナ部厚肉平坦部薄肉型チャンネルボックスを製作することが出来る。さらに、酸洗でのマスキングの方法を工夫したり、図10の状態から研磨等の方法を用いることにより、図11及び図12のようなグルーピング部を有する上下端厚肉のコーナ部厚肉平坦部薄肉型チャンネルボックスをも製作することが出来る。

(実施例6) 本実施例では、燃料チャンネルボックス素材1の状態で行う溶体化処理及び酸洗を実施する場合について図8を用いて説明する。図8はチャンネルボックスを均一肉厚な素材の状態で行う溶体化処理を行い、その次の工程で酸洗減肉加工を行うことにより、高精度、高信頼性、高生産性な形状のコーナ部厚肉平坦部薄肉型燃料チャンネルボックスを製造する工程を示したものである。まず燃料チャンネルボックス素材1に原子炉炉内中での高耐食性を得るため溶体化処理4を行う。そして次にマスキング工程6を行う。実施例1〜3で説明したように、マスキング材としては、酸化被膜や耐酸テープまたはパラフィン等を用いるか、またはこれらを併用する。マスキングの方法について角筒管と異なるのは、裏面のマスキングについてである。角筒管の場合、両端をシールすることにより裏面をマスキングしたが、素材の場合裏面全面にわたってマスキングする必要がある。裏面にマスキングを施さない場合も考えられるが、この時には裏面の減肉量を考慮して素材の肉厚を決定しなければならない。マスキング工程6の後、酸洗7を行う。酸洗7の方法は実施例1と同様であり酸洗液は希硝酸(HF約2%、HNO<sub>3</sub>約30%)の水溶液を用い、酸洗時間は、酸洗前に実施する板厚分布測定と酸洗液濃度から決定する。酸洗7後、減肉部の板厚分布測定を行い所定の寸法精度に入っていることを確認する。この方法により燃料チャンネルボックス素材1に溶体化処理4を施し耐食性を向上させるとともに、所定の異形状に減肉加工することが出来る。その後、プレスにてU字曲げ2を行い、それぞれを開先加工し突き合わせて溶接3を行う。次に寸法整形熱処理5を行う。以下、仕上げ工程8によりコーナ部厚肉平坦部薄肉型燃料チャンネルボックスの製作を完了する。以上述べたように素材の状態で行う溶体化



処理を行った後、酸洗減肉加工方法を施せば、実施例5の場合と同様にチャンネルボックス薄肉部に残留応力が無く、精度のよい肉厚に加工でき、さらには酸化被膜が酸洗時のマスキング材の代わりになる上、損傷から素材を守ることが出来る等数多くのメリットが享受できる。素材の状態で酸洗減肉加工を施せば、角筒管の状態で酸洗減肉加工を行う場合に比べ、一面だけを減肉加工するため作業がやりやすくなると予想される反面、溶接3の後に熱処理を実施しないので溶接部の耐食性を低下させる可能性がある。また実施例5の場合と同様、酸洗やマスキングの方法を変えることにより図6、図10及び図11に示す種々のコーナ部厚肉平坦部薄肉型燃料チャンネルボックスが製作可能であることはいうまでもない。さらに図9に示したように、溶体化処理4や酸洗7はU字曲げ成型体において実施することも可能である。U字曲げ成型体で実施することにより、溶体化処理や酸洗減肉加工において生じた変形を考慮して開先加工を行うことが出来る等のメリットが期待できる。

(実施例7) 実施例6においては酸洗にて減肉加工を行ったが、酸洗の代わりに実施例4で説明したように放電研磨や放電加工及び電解エッチ等の、素材1に応力のかからない方法を用いることも考えられる。これらの方法を用いた場合、マスキング工程が不要になるので、特に裏面までマスキングを施さねばならない素材の状態では酸洗を行う場合に比べれば、メリットは大きいと考えられる。

【発明の効果】(効果1) 薄肉平板状ジルコニウム基合金素材に曲げ加工を施し、接合して筒状に成型する燃料チャンネルボックスの製造方法において、筒状成型体で $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を施し、その後、筒状成型体に応力のかからない方法で減肉処理を施すことにより、異形状燃料チャンネルボックスにおいて、溶接箇所が低減でき、また、耐食性を向上させる熱処理を均一に施すことが容易に可能となり、従来の燃料チャンネルボックスの信頼性を低下することなく長期使用対応型の異形状燃料チャンネルボックスを製造することができる。

(効果2) 筒状成型体で $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を施し、その後、筒状成型体に酸洗による減肉処理を施して肉厚に分布を持たせることにより異形状燃料チャンネルボックスにおいて、溶接箇所が低減でき、また、耐食性を向上させる熱処理を均一に施すことが容易に可能となり、従来の燃料チャンネルボックスの信頼性を低下することなく長期使用対応型の異形状燃料チャンネルボックスを製造することができる。

(効果3) 酸に侵されにくい熱処理による酸化被膜や耐酸テープ又はパラフィン等を用いることやそれらを組合わせたものを用いて筒状成型体の一部を保護して酸洗により減肉処理することにより、確実なマスキング処理ができ可能となり良好な酸洗減肉加工が可能となる。

(効果4) 筒状成型体で $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理により生成された筒状成型体表面の酸化膜を部分的に除去した後、非除去領域の酸化膜をマスキング材として酸洗による減肉処理を施し肉厚に分布を持たせることにより、酸化膜をそのままマスキング材として用いることができ、また酸化膜を除去するだけで減肉加工ができるため、少ない工程で確実な減肉加工ができる。

(効果5) 薄肉平板状ジルコニウム基合金素材に曲げ加工を施し、接合して筒状に成型する燃料チャンネルボックスの製造方法において、筒状成型体で $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を施し、その後、筒状成型体に応力のかからない方法で減肉処理を施すことにより、溶接箇所が低減でき、また、耐食性を向上させる熱処理を均一に施すことが容易に可能となり、従来の燃料チャンネルボックスの信頼性を低下することなく長期使用対応型の異形状燃料チャンネルボックスが得られる。

(効果6) 薄肉平板状ジルコニウム基合金素材に曲げ加工を施し、接合して筒状に成型する燃料チャンネルボックスの製造方法において、薄肉平板状ジルコニウム基合金素材で $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を施し、筒状成型体で応力のかからない方法で減肉処理を施して肉厚に分布を持たせることにより、チャンネルボックス薄肉部に残留応力が無く、精度のよい肉厚に加工でき、さらには酸化被膜が酸洗時のマスキング材の代わりになる上、損傷から素材を守ることが出来る等数多くのメリットが享受できる。また素材の状態では酸洗減肉加工を施せば、一面だけを減肉加工するため減肉加工が容易にできる。

(効果7) 薄肉平板状ジルコニウム基合金素材で $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を行い、酸洗による減肉処理を施して肉厚に分布を持たせることにより、チャンネルボックス薄肉部に残留応力が無く、精度のよい肉厚に加工でき、さらには酸化被膜が酸洗時のマスキング材の代わりになる上、損傷から素材を守ることが出来る等数多くのメリットが享受できる。また素材の状態では酸洗減肉加工を施せば、一面だけを減肉加工するため減肉加工が容易にできる。

(効果8) 薄肉平板状ジルコニウム基合金素材で $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を行い、さらに酸に侵されにくい熱処理による酸化被膜や耐酸テープ又はパラフィン等を用いることやそれらを組合わせたものを用いて筒状成型体の一部を保護して酸洗により減肉処理することにより、確実なマスキング処理ができ良好な酸洗減肉加工が可能となる。

(効果9) 薄肉平板状ジルコニウム基合金素材で $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理により生成された素材表面の酸化膜を部分的に除去した後、非除去領域の酸化膜をマスキング材として酸洗による減肉処理

を施し肉厚に分布を持たせることにより、酸化膜をそのままマスクング材として用いることができ、また酸化膜を除去するのみで減肉加工ができるため、少ない工程で確実な減肉加工ができる。

(効果10) 薄肉平板状ジルコニウム基合金素材に曲げ加工を施し、接合して筒状に成型する燃料チャンネルボックスの製造方法において、薄肉平板状ジルコニウム基合金素材で $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を施し、筒状成型体で応力のかからない方法で減肉処理を施して肉厚に分布を持たせることにより、チャンネルボックス薄肉部に残留応力が無い、精度のよい肉厚の異形状チャンネルボックスが得られる。さらには酸化被膜が酸洗時のマスクング材の代わりになる上、損傷から素材を守ることが出来る等数多くのメリットが享受できる。また素材の状態で酸洗減肉加工を施せば、一面だけを減肉加工するため減肉加工が容易にできる。

(効果11) 薄肉平板状ジルコニウム基合金素材に曲げ加工を施し、接合して筒状に成型する燃料チャンネルボックスの製造方法において、薄肉平板状ジルコニウム基合金素材で $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を施し、さらに薄肉平板状ジルコニウム基合金素材に応力のかからない方法で減肉処理を施して肉厚に分布を持たせることによりチャンネルボックス薄肉部に残留応力が無く、精度のよい肉厚に加工でき、さらには酸化被膜が酸洗時のマスクング材の代わりになる上、損傷から素材を守ることが出来る等数多くのメリットが享受できる。また素材の状態で酸洗減肉加工を施せば、一面だけを減肉加工するため減肉加工が容易にできる。

(効果12) 薄肉平板状ジルコニウム基合金素材で $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を施し、さらに薄肉平板状ジルコニウム基合金素材に酸洗による減肉処理を施して肉厚に分布を持たせることによりチャンネルボックス薄肉部に残留応力が無く、精度のよい肉厚に加工でき、さらには酸化被膜が酸洗時のマスクング材の代わりになる上、損傷から素材を守ることが出来る等数多くのメリットが享受できる。また素材の状態で酸洗減肉加工を施せば、一面だけを減肉加工するため減肉加工が容易にできる。

(効果13) 薄肉平板状ジルコニウム基合金素材で $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を施し、さらに酸に侵されにくい熱処理による酸化被膜や耐酸テープ又はパラフィン等を用いることやそれらを組合わせたものを用いて筒状成型体の一部を保護して酸洗により減肉処理することにより、確実なマスクング処理ができ可能となり良好な酸洗減肉加工が可能となる。

(効果14) 薄肉平板状ジルコニウム基合金素材で $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理により生成された素材表面の酸化膜を部分的に除去した後、非除去領域の酸化膜をマスクング材として酸洗による減肉処

理を施し肉厚に分布を持たせることにより、酸化膜をそのままマスクング材として用いることができ、また酸化膜を除去するのみで減肉加工ができるため、少ない工程で確実な減肉加工ができる。

(効果15) 薄肉平板状ジルコニウム基合金素材に曲げ加工を施し、接合して筒状に成型する燃料チャンネルボックスの製造方法において、薄肉平板状ジルコニウム基合金素材で $\beta$ 相を含む温度領域から強制的に冷却する熱処理を施し、さらに薄肉平板状ジルコニウム基合金素材に応力のかからない方法で減肉処理を施して肉厚に分布を持たせることにより、チャンネルボックス薄肉部に残留応力が無い、精度のよい肉厚の異形状チャンネルボックスが得られる。さらには酸化被膜が酸洗時のマスクング材の代わりになる上、損傷から素材を守ることが出来る等数多くのメリットが享受できる。また素材の状態で酸洗減肉加工を施せば、一面だけを減肉加工するため減肉加工が容易にできる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例である燃料チャンネルボックスの製造工程を示す説明図である。

【図2】従来の均一肉厚燃料チャンネルボックスの斜視図である。

【図3】図2のA-A断面図である。

【図4】従来の均一肉厚燃料チャンネルボックスの製造工程を示す説明図である。

【図5】図1のマスクング工程でマスクング材を施した状態の角筒管本体11の横断面図である。

【図6】従来のコーナ厚肉平坦部薄肉の異形状の燃料チャンネルボックスの斜視図である。

【図7】図6のA-A断面図である。

【図8】本発明の他の実施例である燃料チャンネルボックスの製造工程を示す説明図である。

【図9】本発明の他の実施例である燃料チャンネルボックスの製造工程を示す説明図である。

【図10】上下端厚肉の異形状燃料チャンネルボックスの斜視図である。

【図11】上下端厚肉でグルーピングの付いた異形状燃料チャンネルボックスの斜視図である。

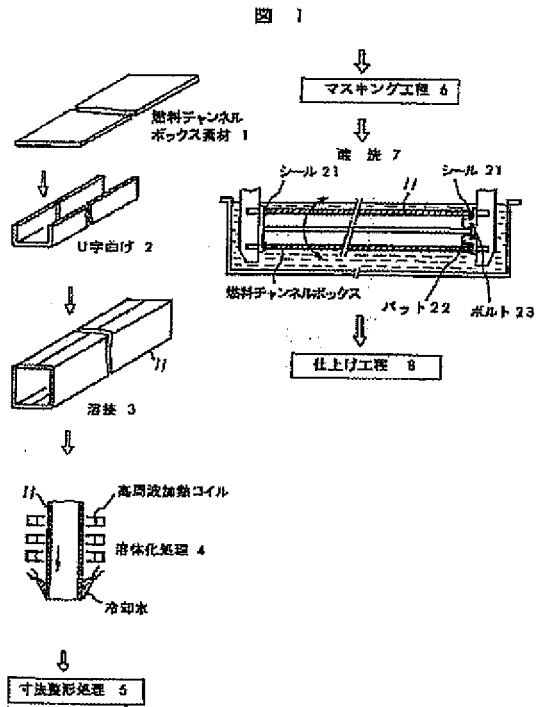
【図12】図11のA-A断面図である。

#### 【符号の説明】

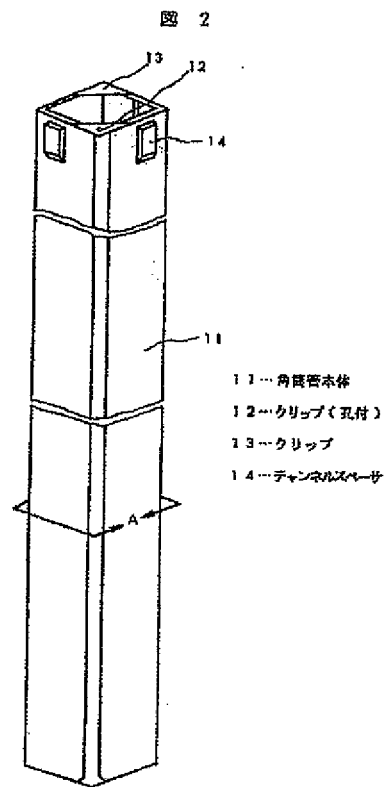
1…燃料チャンネルボックス素材、2…U字曲げ工程、3…溶接工程、4…溶体化処理、5…寸法整形処理、6…マスクング工程、7…酸洗工程、8…仕上げ工程、11、15…角筒管本体、12…クリップ(孔付)、13…クリップ、14…チャンネルスペーサ、16…上部厚肉部、17…下部厚肉部、18…グルーピング部、19…平坦部薄肉部、20…コーナ部厚肉部、21…シール、22…パット、23…ボルト、24…マスクング材。



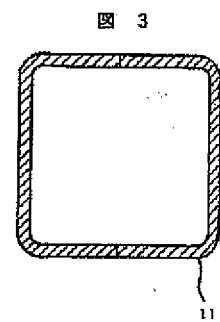
【図1】



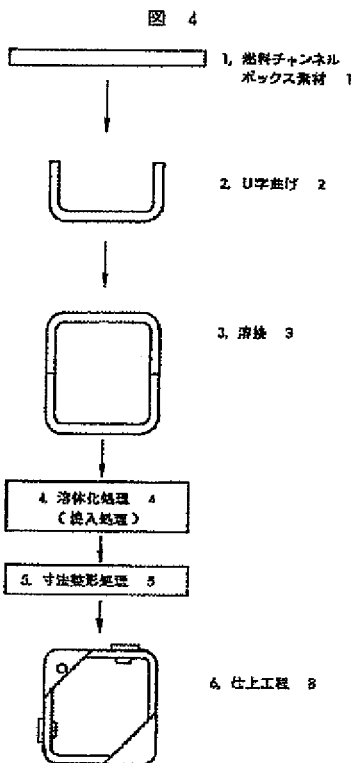
【図2】



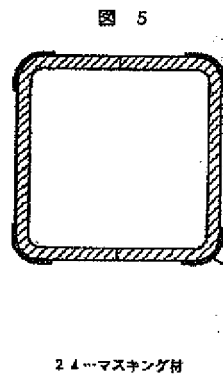
【図3】



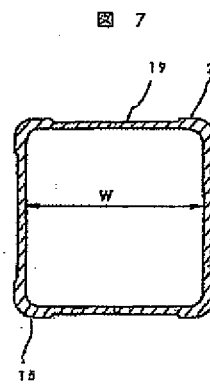
【図4】



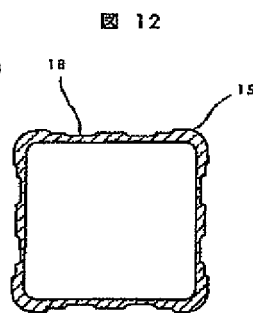
【図5】



【図7】

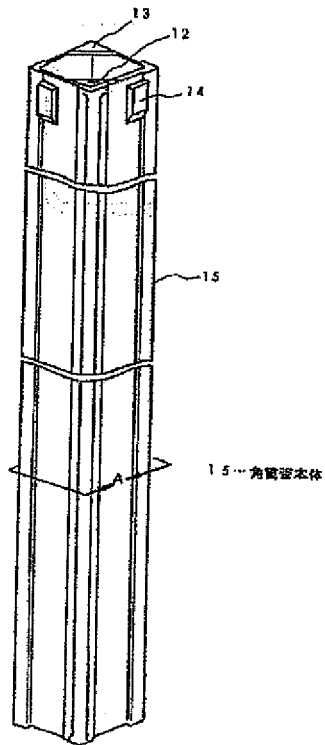


【図12】



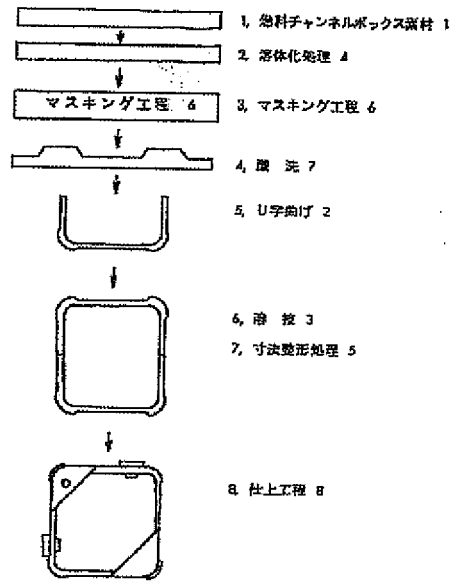
【図6】

図 6



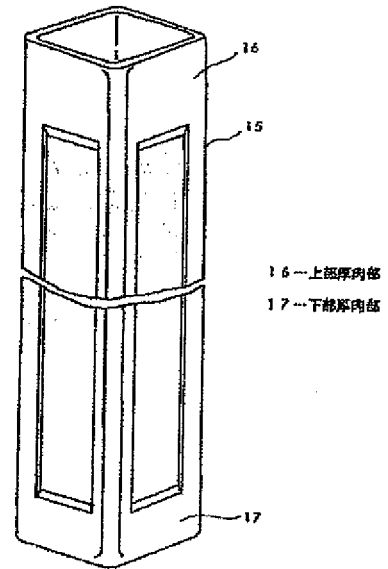
【図8】

図 8



【図10】

図 10

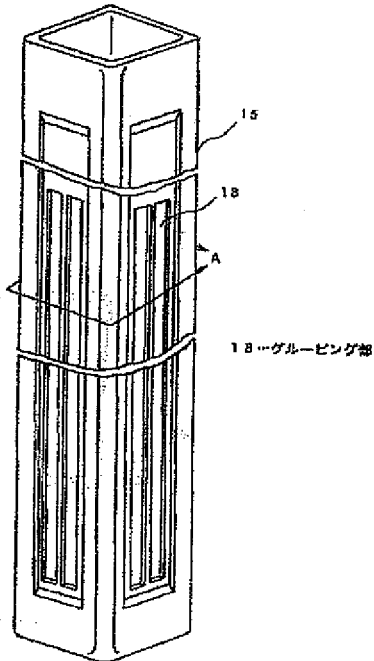
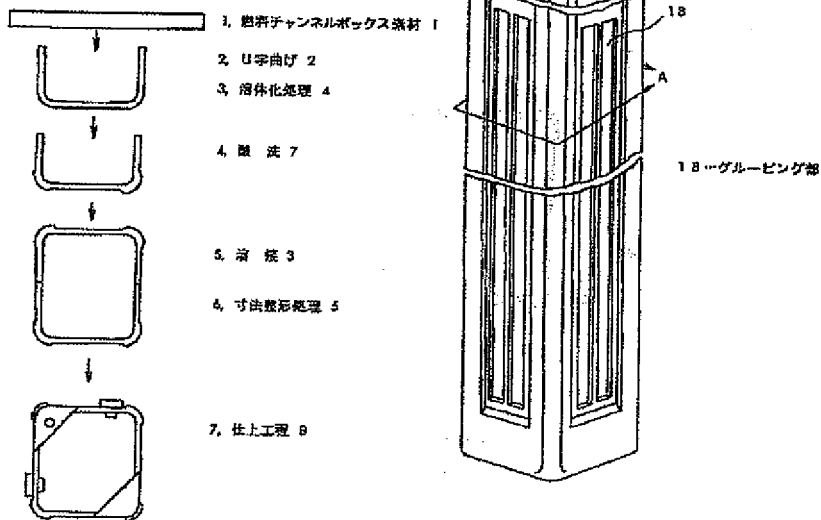


【図11】

図 11

【図9】

図 9



## フロントページの続き

- (72)発明者 牧 英夫  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会  
社日立製作所日立工場内
- (72)発明者 平川 博将  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会  
社日立製作所日立工場内
- (72)発明者 稲垣 正寿  
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日  
立製作所日立研究所内

- (72)発明者 高瀬 磐雄  
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日  
立製作所日立研究所内
- (72)発明者 岡崎 修弘  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会  
社日立製作所日立工場内
- (72)発明者 石崎 英昭  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会  
社日立製作所日立工場内
- (72)発明者 佐久間 寅喜  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会  
社日立製作所日立工場内

